

2. Клепиков С.Н., Вайнберг А.С. Методические рекомендации по расчету естественных и преобразованных массивов просадочных грунтов при замачивании. Изд. НИИСК Госстроя СССР, г. Киев, – 1983 – 75с.
3. Самедов А.М. О реологических моделях лессовых просадочных грунтов.//Вісник НТУУ"КПІ", серія „Гірництво”, вип. 3., Київ, –2003. –с. 39-44.
4. Самедов А.М. Расчет и проектирование оснований и фундаментов (учебник на азерб. яз.) Изд-во „Маариф”, г. Баку. – 1992. –494 с.
5. Самедов А.М., Білоус Н.Г. Про реологічні особливості лесового ґрунту II типу просадності.//Вісник НТУУ"КПІ", серія „Гірництво”, вип. 2., Київ, –2000р. –с. 7-11.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженком А.Ю.  
Надійшла до редакції 03.06.2013*

УДК 622.6-52

© А.В. Бакутін

## **БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Виконано обґрунтування використання багатокритеріальної оптимізації систем керування електромеханічними системами.

Выполнено обоснование использования многокритериальной оптимизации систем управления электромеханическими системами.

The ground is executed of the use of multicriterion optimization of the systems of management by the electromechanics systems

**Вступ.** Актуальною задачею побудови систем автоматичного керування електромеханічними комплексами є забезпечення якості роботи за декількома критеріями якості, що визначаються особливостями роботи виконавчого механізму, наприклад: точність відпрацювання завдання керування, швидкодія системи, простота реалізації тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На даний час теорія систем оптимального керування дозволяє визначити структуру та параметри регуляторів будь-якої складності для лінійних, лінеаризованих та нелінійних об'єктів керування [1, 2]. Проте оптимізація закону керування, параметрів регулятора, тощо виконується доволі часто лише за одним критерієм якості.

**Мета роботи.** Обґрунтування використання багатокритеріальної оптимізації систем керування електромеханічними системами.

**Матеріали досліджень.** Багатокритеріальне конструювання дозволяє за наперед заданими характеристиками об'єкта керування, характеристиками збурення та обмежень, що накладені на електромеханічну систему визначити структуру та оптимальні параметри пристрою керування. Важливою умовою використання цього підходу є наявність алгоритмів, які дозволяють побудувати сукупність адекватних математичних моделей регуляторів, а математичні моделі

накладених на систему обмежень повинні забезпечувати відбір керуючих пристроїв, що задовольняють технічному завданню.

Вирішення задачі вибору найкращого пристрою керування починається з етапу формування сукупності можливих регуляторів, з якої відбираються ті, що задовольняють накладеним критеріям якості та обмеженням. Далі виділяють парето-оптимальну сукупність, з якої на заключному етапі проектування знаходять остаточну структуру параметри керуючого пристрою для реалізації та подальшого аналізу.

Розглянемо алгоритм побудови сукупності можливих керуючих пристроїв з достатньою кількістю корегувальних ланок, яка співпадає з числом каналів керування. Контур керування має два канали, тому передатні функції керуючого пристрою за сигналом керування  $A_1(s)$  та виходом  $A_2(s)$  визначаються можливими комбінаціями двох корегувальних ланок:  $W_1(s)$ ,  $W_2(s)$ ,  $W_1(s)W_2(s)$ ,  $W_1(s)+W_2(s)$ . Так для структури з корегувальними ланками в прямому колі та зворотному колах отримаємо систему керування з П регулятором у прямому каналі та ПД регулятором у каналі зворотного зв'язку, перехідні процеси за швидкістю в якій мають монотонний характер з відсутністю перерегулювання (рис. 1).

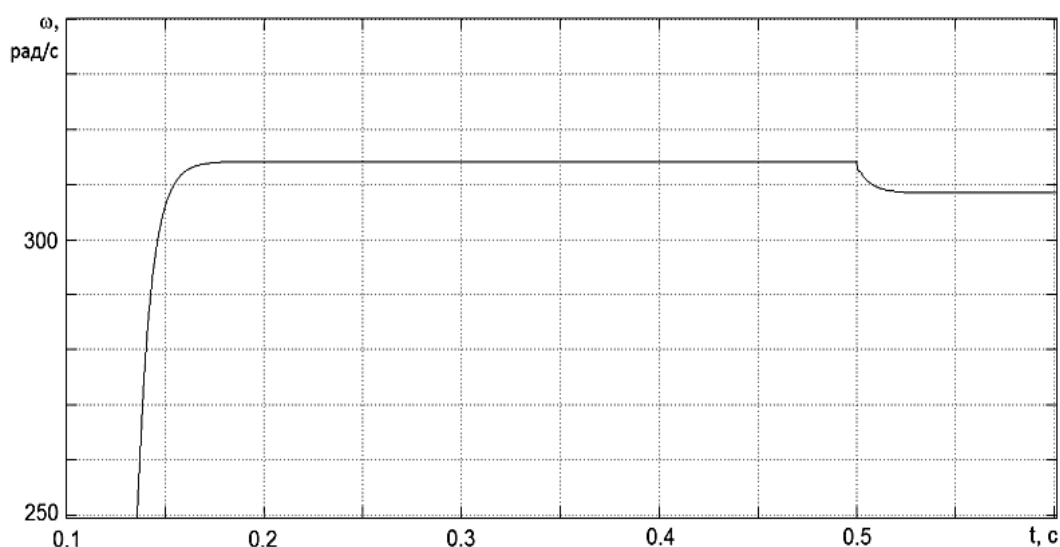


Рис. 1. Перехідні процеси САК швидкості

До керуючих пристроїв з недостатньою кількістю корегувальних ланок відносяться такі, що мають менше число ланок ніж каналів керування. Тоді передатні функції  $A_1(s)$  та  $A_2(s)$  визначаються наступними можливими комбінаціями: 1,  $W_1(s)$ ,  $1+W_1(s)$ . При чому конфігурації, в яких  $A_2(s)=1$  не наведені через те, що такі керуючі пристрої лише в частних випадках забезпечують стійкість системи.

Сукупність керуючих пристроїв з додатковими корегувальними ланками формується двома способами. Перший передбачає конструювання таких пристроїв на основі елементів сукупності з достатньою кількістю ланок шляхом перетворення однієї ланки на додаткову, в результаті чого утворюється пристрій з недостатньою кількістю корегувальних ланок. Другий спосіб базується на об'єднанні

структур з достатньою та недостатньою кількістю ланок. Він передбачає заміну корегувальної ланки з одним входом та виходом на структуру з двома входами та одним виходом. З сукупності можливих структур з додатковими ланками відбираються лише ті структури, на основі яких можливо реалізувати відповідні додаткові умови. Так, наприклад, САК швидкості з П регулятором є статичною, тому для введення астатизму додамо паралельно до П регулятора ізодромну корегувальну ланку. В результаті система стає астатичною, але присутні значне перерегулювання та затягування перехідного процесу (рис. 2).

Після формування сукупності математичних моделей можливих керуючих пристроїв, проводиться оцінка їх якості та перевірка на відповідність накладеним обмеженням, що забезпечує визначення сукупності допустимих математичних моделей, які задовольняють технічному завданню, при чому критерії якості можуть виступати як обмеження.

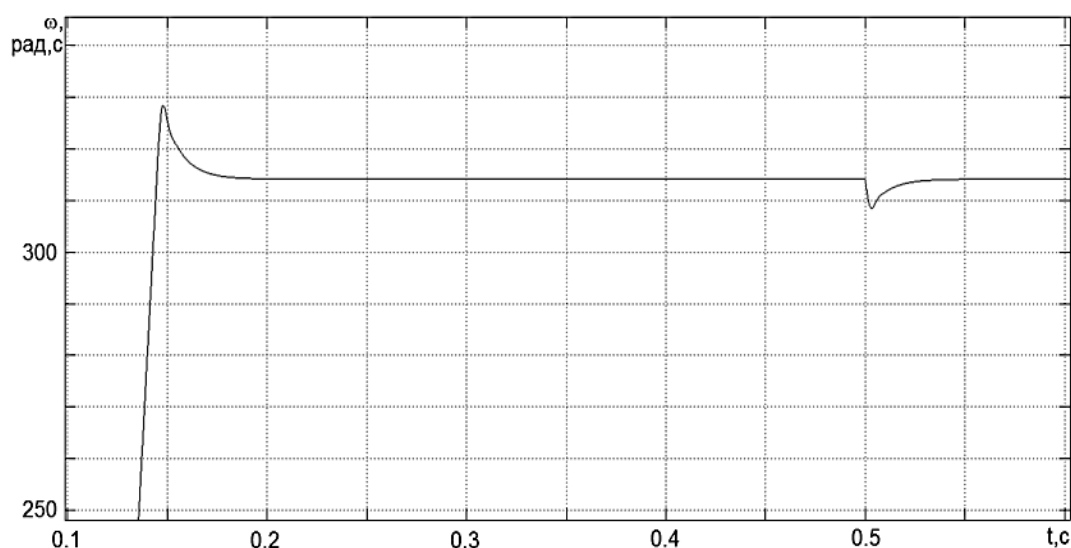


Рис. 2. Перехідні процеси САК швидкості з додатковою корегувальною ланкою

Крім того на керуючі пристрої накладаються обмеження трьох типів – параметричні, функціональні та критеріальні. Параметричні обмеження фіксують допустимий діапазон значень, які може приймати той чи інший параметр пристрою. Критеріальні обмеження встановлюють рамки, за які значення критеріїв якості не повинні виходити. До функціональних обмежень належать стійкість, грубість, можливість реалізації, астатизм системи, а також недопустимість компенсації правих нулів та полюсів об'єкта керування. Обмеження на стійкість передбачає здатність системи при деякому відхиленні її параметрів зберігати свою стійкість. Під грубістю розуміється здатність системи зберігати свої властивості при незначних коливаннях її параметрів. Обмеження на реалізацію дає змогу відкидати ті моделі керуючих пристроїв, які неможливо реалізувати на практиці. Так, наприклад, для САК швидкості з додатковою корегувальною ланкою маємо при зміні сталої часу кола статора  $\pm 20\%$  незначну зміну перерегулювання швидкості (рис. 3), що засвідчує грубість системи та здатність зберігати стійкість за деякої зміни її параметрів.

Наступним кроком конструювання керуючого пристрою є визначення сукупності парето-оптимальних моделей. Оптимальною за Парето є сукупність моделей, за межами якої відсутні інші допустимі математичні моделі керуючих пристроїв, які були б за всіма показниками не гірші, а хоча б за одним кращі за відібрані.

Після визначення парето-оптимальної сукупності математичних моделей необхідно знайти остаточний варіант керуючого пристрою шляхом порівняльної оцінки відібраних елементів. Аналіз може виконуватись на основі загального критерію якості, що утворюється на основі частних, з урахуванням вагомості того чи іншого критерію, або на основі показника близькості елементів парето-оптимальної сукупності до ідеального керуючого пристрою, що визначається розробником.

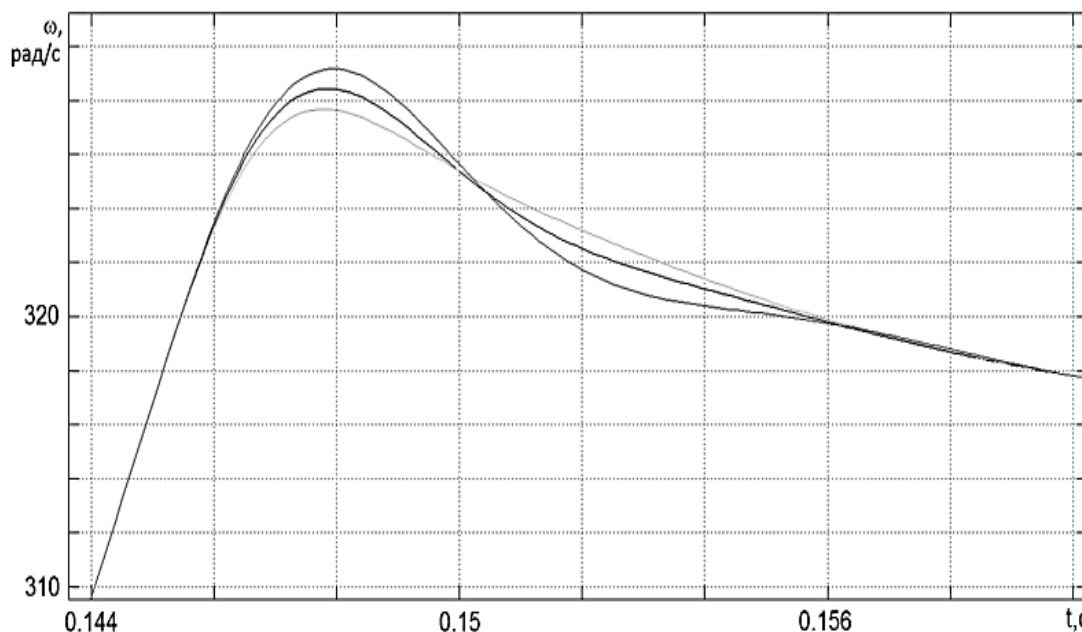


Рис. 3. Перехідні процеси за відхилення сталої часу кола статора  $\pm 20\%$

**Висновки.** Таким чином багатокритеріальне конструювання дозволяє отримати широке розмаїття керуючих пристроїв з різними конфігураціями структури, ступенем складності та характеристиками для вибору найбільш оптимального рішення, що задовольняє сукупності висунутих до системи керування технологічних вимог та забезпечує необхідні динамічні та статичні показники якості роботи об'єкта керування.

#### Список літератури

1. Садовой А.В., Сухинин Б.В., Сохина Ю.В. Системы оптимального управления прецизионными электроприводами. - К.: ИСИМО, 1996. – 298с.;
2. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 375 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мещеряковим Л.І.  
Надійшла до редакції 13.05.2013*